

## 予圧制御と推力発生に異なる2種類のアクチュエータを用いる構成の試み - 力触覚インターフェース用アクチュエータ（第2報） -

その他（別言語等）のタイトル	Trial construction using two kinds of different actuators for a preload control and a thrust generation, An ultrasonic actuator for force-feed-back interface(No.2)
著者	青柳 学, 武村 剛志, 高野 剛浩, 田村 英樹, 富川 義朗
雑誌名	日本音響学会研究発表会講演論文集
巻	2007年秋季
ページ	1151-1152
発行年	2007-09
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/1669">http://hdl.handle.net/10258/1669</a>

## 予圧制御と推力発生に異なる2種類のアクチュエータを用いる構成の試み - 力触覚インターフェース用アクチュエータ（第2報） -

その他（別言語等）のタイトル	Trial construction using two kinds of different actuators for a preload control and a thrust generation, An ultrasonic actuator for force-feed-back interface(No.2)
著者	青柳 学, 武村 剛志, 高野 剛浩, 田村 英樹, 富川 義朗
雑誌名	日本音響学会研究発表会講演論文集
巻	2007年秋季
ページ	1151-1152
発行年	2007-09
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/1669">http://hdl.handle.net/10258/1669</a>

# 予圧制御と推力発生に異なる2種類の アクチュエータを用いる構成の試み ー力触覚インターフェース用アクチュエータ(第2報)ー\*

○青柳学, 武村剛志 (室蘭工大), 高野剛浩 (東北工大), 田村英樹, 富川義朗 (山形大)

## 1 はじめに

コンピュータの画面上に表示される仮想物体の感触を得ながら操作可能な力触覚デバイスが開発されている。これは工業デザインやアミューズメント、手術などの各種体感シミュレーションに応用できる<sup>[1,2]</sup>。しかし、従来の力触覚デバイスは主に電磁モータを使用しているため主にやわらかい感触の表現に優れるが、硬い感触の表現は十分とは言えない<sup>[3]</sup>。一方、超音波モータは高速応答性に優れるため、粗い感触や硬い感触の表現に有効であると考えられる。しかし、通常の超音波モータは常にロータが予圧された状態であるため、仮想物体に触れていない状態を表現できない。本研究の目的は予圧制御と推力発生に異なる2種類のアクチュエータを用いて、電氣的に予圧力を変化できるクラッチ機能を備え、トルクフリー状態を有する超音波アクチュエータを検討することである。本報告では構成および試作特性について報告する。

## 2 構成および動作原理

### 2.1 予圧制御用圧電クラッチ

Fig.1 に全体の構成を示す。変位拡大機構の一部に超音波アクチュエータを組み込んだ構成である。積層圧電アクチュエータ(MPA)に直流電圧を印加することで MPA が伸び、変位拡大機構の両サイドを押し広げる。拡大された変位により、ロータに予圧されていた超音波アクチュエータ(USM)部がロータから離れることで予圧制御を行う。

### 2.2 推力発生用超音波アクチュエータ

Fig.2 に示すように、厚み分極された2枚の圧電板が分極方向を互いに逆向きにして USM 部の上側に接着されている。これらに正弦波を印加すると Fig.3(a)に示すような第2

次縦振動モード( $L_2$ -mode)が部分的に励振されて USM 部の突起が左右に振動する。また、電極が5分割され交互に分極処理された圧電板が下側に接着されている。これに正弦波を印加すると Fig.3(b)に示すような第5次屈曲振動モード( $B_5$ -mode)が励振されて突起が上下に振動する。これらの圧電板に位相差が90度の正弦波を印加することで突起に楕円振動を発生させ、ロータを回転させる。

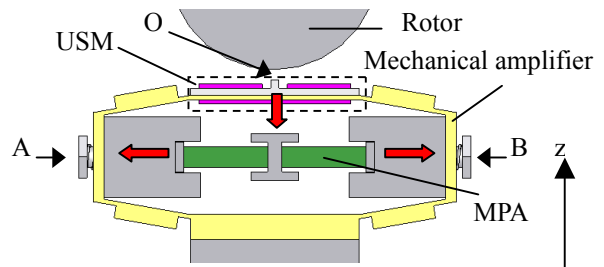


Fig. 1 Ultrasonic actuator with piezoelectric clutch.

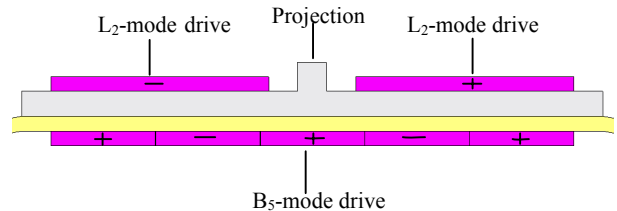


Fig.2  $L_2$ - $B_5$  ultrasonic actuator.

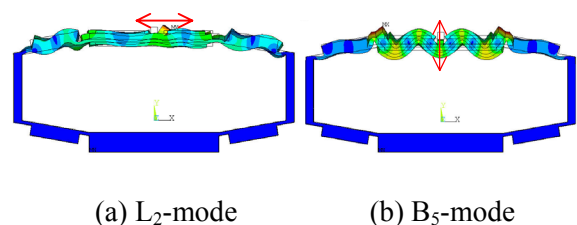


Fig.3 Results of finite element method analyses. (modal analysis)

\*Trial construction using two kinds of different actuators for a preload control and a thrust generation, An ultrasonic actuator for force-feed-back interface(No.2), by AOYAGI, Manabu and TAKEMURA, Tsuyoshi (Muran Institute of Tech.), TAKANO, Takehiro (Tohoku Institute of Tech.), TAMURA, Hideki and TOMIKAWA, Yoshiro (Yamagata Univ.).

### 3 変位特性（圧電クラッチ）

MPA に 100[mHz]、150[V]の三角波を印加し、Fig.1 に示す A 点、B 点、O 点(突起部)の変位を光学変位計(OPTOMETRIC10-II)を用いて測定した。Fig.4 に示すように、A 点および B 点の最大変位はそれぞれ 16.6[ $\mu\text{m}$ ]、13.2[ $\mu\text{m}$ ]であった。両者の和が 2 つの MPA が発生した変位であり、最大変位は 29.8[ $\mu\text{m}$ ]であった。O 点の最大変位は 162.5[ $\mu\text{m}$ ]であったことから、変位拡大機構により MPA が発生した変位を約 5.5 倍に拡大できた。

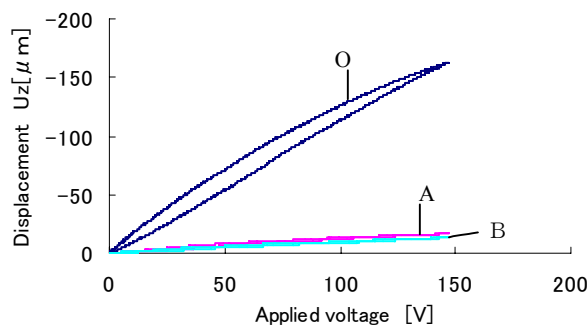


Fig.4 Measured displacements at each point.

### 4 変位時間応答特性（圧電クラッチ）

MPA に 1[Hz]、150[V]の矩形波を印加し、立ち上がり時の変位応答時間の測定結果を Fig.5 に示す。立ち上がり後は変位拡大機構が振動するため、変位が安定しなかった。印加電圧立ち上がりから目標変位値である -162.5[ $\mu\text{m}$ ]まで達する時間を応答時間とすると応答時間は 0.49[ms]であり、高速に応答した。

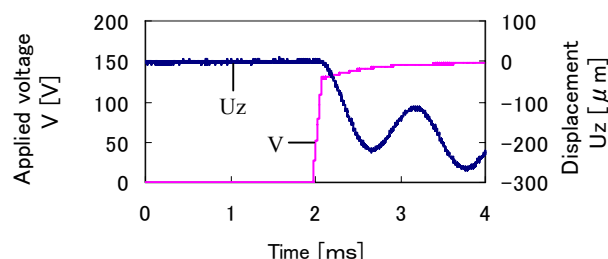


Fig.5 Measured characteristics of time response of displacement at point O.

### 5 共振周波数（超音波アクチュエータ）

汎用有限要素法解析ソフト(ANSYS)を用いた解析により、両モードの共振周波数はともに 102[kHz]が得られた。しかし、超音波アクチュエータ部でのクラドニの砂図の観察の結果、102[kHz]において  $L_2$ -mode を示すような砂図が得られた。また、91[kHz]において  $B_5$ -mode を示すような砂図が得られた。しか

し、 $B_5$ -mode の共振周波数が設計値から大きくずれたために 2 つのモードを同時に励振できず、突起部に楕円振動を発生できなかった。

### 6 クラッチ動作を伴った回転

突起部に楕円振動を発生できないため、ロータに突起を斜めに接触させ、 $B_5$ -mode のみでロータを突つつくように回転させた。同時に MPA に矩形波を印加してクラッチ動作を試みた時のロータの回転速度の変化を Fig.6 に示す。ロータに取り付けたエンコーダからの出力を F/V コンバータで直流電圧に変換することで回転速度を測定した。電圧印加時にはロータが回転せずクラッチ動作を伴った超音波アクチュエータの動作が確認された。

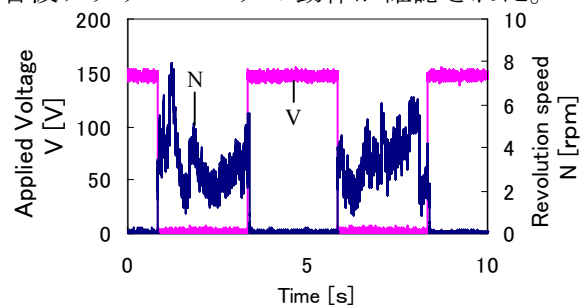


Fig.6 Characteristics of revolution speed.

### 7 まとめ

高速応答のクラッチ機能を有する超音波アクチュエータが実現できた。しかし、MPA に矩形波を印加した時の変位拡大機構の振動を抑制する必要がある。また、変位拡大機構と一体の超音波アクチュエータの製作は調整が困難なため、変位拡大機構と超音波アクチュエータを別々に製作して、組み合わせる構成が实际的であると考えられる。

### 謝辞

本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究(B) (課題番号 18360109) による補助のもとで行われた。

### 参考文献

- [1] <http://www.sensable.com/>
- [2] S.Tachi et al., "Teleexistence cockpit for humanoid robot control," Advanced Robotics, vol.17,pp.199-217,2003.
- [3] M.Aoyagi et al., "A Novel Ultrasonic Motor with a Built-in Clutch Mechanism for a Force-feed-back Actuator," 2004 IEEE Ultrasonics Symposium,pp.2239-2242,2004